动 物 学 研 究 2004, Apr. 25 (2): 122～126
Zoological Research
CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853

环境噪声对临安和阜阳两地白头鹎鸣声频率的影响

韩轶才[1], 姜仕仁[2], 丁 平[1,*]
(1. 浙江大学 生命科学学院, 浙江 杭州 310028; 2. 浙江科技学院, 浙江 杭州 310012)

摘要: 为了解环境噪声对白头鹎 (*Pycnonotus sinensis*) 鸣声频率的影响, 在浙江临安和安徽阜阳两地分别对白头鹎在高低噪声水平环境中的鸣声做了研究。把用数码录音机记录到的鸣声输入计算机, 利用计算机声谱分析系统进行分析, 再对每一鸣声的每个音节的主频进行 Mann-Whitney *U* 检验。结果显示: 高噪声水平区和低噪声水平区相比, 在两地白头鹎每一鸣声的各音节主频中, 最低和最高主频以及第Ⅰ、Ⅱ音节的主频都有显著提高; 在阜阳第Ⅲ音节的主频也有显著提高。这表明白头鹎可以通过提高声音频率来避免环境噪声对鸣声的影响, 从而保证噪声环境中声信息的有效传递; 而噪声对各音节的不同影响也表明, 同一鸣句的各音节, 对于噪声通讯中的信息识别, 具有不同的地位。

关键词: 白头鹎; 噪声; 鸣声; 主频
中图分类号: Q979.7; Q62 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254－5853(2004)02－0122－05

Effects of Ambient Noise on the Vocal Frequency of Chinese Bulbuls, *Pycnonotus sinensis* in Lin'an and Fuyang Citiy

HAN Yi-cai[1], JIANG Shi-ren[2], DING Ping[1,*]
(1. *College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China*;
2. *Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310012, China*)

Abstract: The study of the ambient noise's effect on the vocal frequency of Chinese Bulbuls, *Pycnonotus sinensis*, was carried out in two cities (Lin'an and Fuyang) in China. Based on the noise level (55 db), the samples of each city were divided into two groups of high noise level and low noise level (HN and LN). The records of songs were inputted into the computer, and then the data of principal frequency (PF) of each syllable were gotten through fast Fourier transform (FFT) using a computerized analysis system. The statistical analyses of each syllable's PF of the songs were carried out with Mann-Whitney *U* test to determine differences between HN and LN of each city. The results showed that the minimum PF, maximum PF, the first syllable ($S_{Ⅰ}$) and the second syllable ($S_{Ⅱ}$) of every song had significant differences between HN and LN in two cities. In Fuyang, the third syllable ($S_{Ⅲ}$) had significant difference because of geographic diversity. In contrast HN with LN, the minimum PF, maximum PF and the PF of S1 and $S_{Ⅱ}$ increased significantly in the high noise level environment. This means that Chinese Bulbuls may avoid the interference of ambient noise with a higher pitch to communicate effectively, and the difference of ambient noise's effects on each syllable principal frequency shows that each syllable has different status in communication in noisy environment.

Key words: Chinese Bulbul (*Pycnonotus sinensis*); Noise; Song; Principal frequency

随着城市化发展进程带来的生产和交通等人为环境噪声, 对鸟类鸣声通讯也产生了影响。这种影响一是对鸣声振幅 (强度) 的影响, 二是对频率特征参数的影响。在鸟类鸣声中存在 Lombard 效应 (Lombard, 1911): 斑胸草雀 (*Taeniopygia guttata*) 会随环境噪声的变化调节振幅, 即当噪声水平升高

收稿日期: 2003－10－14; 接受日期: 2003－12－12
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30070131)
*通讯作者 (Corresponding author), E-mail: dingpzu@mail.hz.zj.cn

时，其鸣声振幅也随之升高（Cynx et al，1998）；当噪声处于鸣声的声谱范围内时，能最有效地引起鸟类提高声音强度（Brumm & Todt，2002）；根据掩蔽噪声的水平，夜鹰（*Luscinia megarhynchos*）可以调节声音强度。在持续不断的背景噪声中，小王企鹅（*Aptenodytes patagonicus*）根据父母声音的频率而不是振幅（Jouventin，1999）识别父母；在噪声环境中，大山雀（*Parus majo*）能利用高频发声来有效地进行通讯（Langemann，1998），其鸣叫具有较高的最低频率，从而避免了一定程度的低频噪声对鸣叫的掩蔽影响（Slabbekoorn & Peet，2003）。

白头鹎（*Pycnonotus sinensis*）广泛分布于我国的东南部，是最常见的留鸟之一，多活动于山坡、城市公园、庭院和村落附近的乔木及灌丛中。其繁殖期的求偶炫耀鸣唱音节、频率复杂多变，而领域鸣唱则音节清晰、响亮（Jiang et al，1996a）。此外，不同地区白头鹎的鸣声主句，在语调、音节数、持续时间、频谱特征和频率范围等有地理差异（Jiang et al，1994，1996b）。在此基础上，本文试图探讨两种噪声环境中白头鹎的鸣声变化，从动物声学的角度为研究生态环境的变化对鸟类的影响，以及鸟类对环境变化的适应性，提供基础资料。

1 研究方法

从2002年9月至2003年7月，研究地点位于浙江省西部的临安和安徽省西北部的阜阳。前者高噪声区（HN）采样地主要设在城区公路两旁的行道树上和闹市区的庭院内；低噪声区（LN）设在距城区约10 km的板桥镇附近乡村和距城区约20 km的天目山风景区。后者HN采样地主要设在城区的公园、道路两旁的行道树上和附近居民小区；LN采样设在距城区约9 km的王店镇、约11 km的程集镇和约15 km的西湖镇的附近乡村。

环境噪声测量使用爱华AWA5633A型声级计[灵敏度50 mV/Pa，频率范围（20～12 500 Hz）±2 dB]。根据《城市区域环境噪声测量方法》（GB/T14623－93），声级计的测量时间响应和计权网络分别置于“S档”和“A档”。选择无雨、无大风天气，在采样点的中心，将声级计置于距地面高1.2 m处，每隔5 s记录一个瞬时A声级。每记录50个数据后，转变一下方向，按东南西北4个方向连续读取并记录200个数据。同时判断附近的主要噪声源，并用录音器材录下噪声，通过计算机分析其频谱特征。

鸣声录音使用Sony MZ-R909数码录音机[采样频率44.1 kHz，频响（20～20 000 Hz）±3 dB]，外接帮华EM-265B型定向话筒（频响80～12 000 Hz），距声源5～15 m。

环境噪声的测量数据用统计值和等效声级（equivalent sound level，ESL）表示。从每次测得的200个数据中，求出SL_5（有5%的时间超过的噪声级，相当于噪声的平均峰值）、SL_{50}（有50%的时间超过的噪声级，相当于噪声的平均值）、SL_{95}（有95%的时间超过的噪声级，相当于噪声的本底值）。ESL值由下列公式求得：$ESL = SL_{50} + \frac{d^2}{60}, d = SL_5 - SL_{95}$。参照《城市区域环境噪声标准》（GB3096－93）的一类标准，以$ESL = 55$ dB作为区分标准，把两地的采样点分别分为HN和LN两组。然后，将分属HN和LN的各样点的等效声级作算术平均值$\overline{ESL} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} ESL$，表示HN和LN噪声的水平（评价值）。

根据测量，临安和阜阳的HN的平均等效声级分别为65.1±1.2和65.5±2.3 dB，LN的平均等效声级分别为：43.3±4.4和43.9±1.7 dB。通过计算机声谱分析系统分析噪声的频谱特征，显示两地的LN均属1 000 Hz以下的低频噪声，而在HN则有1 000 Hz以上的高频噪声。噪声源主要来自交通工具发出的马达声、喇叭声和刹车声。

将鸣声数据输入计算机（单声道、16位、44.1 kHz），以“.WAV”格式文件贮存，再通过计算机声谱分析系统（Jiang，2003）分析其声学特征。每个体的鸣声经1 024点窄带分析后作出语图。同时，对各音节以4 096点分段递推，进行快速傅立叶变换（FFT），分析频谱特征。然后，分别比较分析两地HN和LN白头鹎鸣声每个音节的主频（principal frequency，PF）数据，并做Mann-Whitney *U*检验（Dytham，2003）。所有统计分析借助SPSS统计分析软件完成。

2 结　果

2.1 环境噪声对浙江临安白头鹎领域鸣声的影响

浙江临安白头鹎的领域鸣声有3～4个音节，各音节主频的范围为1.60～3.58 kHz。高噪声区与低噪声区相比，鸣声全句各音节中的最低主频（Mann-

Whitney U 检验，$U=66, P=0.001$）、最高主频（$U=10.5, P<0.001$）、第Ⅰ音节（$U=53.5, P=0.017$）和第Ⅱ音节（$U=10, P<0.001$）的主频均有显著差异（表1）。两种噪声区鸣声的时域波形图、语图和第Ⅱ音节的频谱图见图1。

2.2 环境噪声对安徽阜阳白头鹎领域鸣声的影响

安徽阜阳白头鹎的领域鸣声有4～5个音节，各音节主频的范围为1.60～3.58 kHz。高噪声区与低噪声区相比，鸣声全句各音节中的最低主频（$U=55.5$，$P=0.002$）、最高主频（$U=8$，$P<0.001$），第Ⅰ音节（$U=60$，$P=0.003$）、第Ⅱ音节（$U=8$，$P<0.001$）和第Ⅲ音节（$U=58.5$，$P=0.002$）的主频均有显著差异（表2）。两种噪声区鸣声的时域波形图、语图和第Ⅱ音节的频谱图见图1。

3 讨 论

在噪声比较小的环境中，白头鹎领域鸣声全句的最低、最高、第Ⅰ、Ⅱ音节的主频都比较低。从声学上看，高频音比低频音衰减快，因而，低频音传播的有效距离更远。鸟类鸣声的生物学功能主要是保卫领地和吸引雌性，传播得越远越有利。所

表1 高、低噪声区浙江临安白头鹎领域鸣声的主频特征

Table 1 Characteristics of principal frequencies of *Pycnonotus sinensis* territory songs in high and low noisy localities in Lin'an City, Zhejiang Province (Mean ± *SD*, Hz)

		低噪声区 Locality with low noise	高噪声区 Locality with high noise
最低主频 Minimum PF[1]		2 213 ± 203	2 458 ± 59*
最高主频 Maximum PF[1]		2 932 ± 223	3 346 ± 121*
音节 Syllable	Ⅰ	2 269 ± 268	2 468 ± 60*
	Ⅱ	2 838 ± 309	3 346 ± 121*
	Ⅲ	2 707 ± 303	2 644 ± 151
	Ⅳ		2 571 ± 98
样本个数 No. of samples		30	12

PF：主频（Principal frequency）；* $P<0.05$（Mann-Whitney U 检验）（Mann-Whitney U test）。
[1] 最低主频和最高主频分别是指每一鸣声各音节的主频中的最低值和最高值（Minimum PF and Maximum PF are the minimum and the maximum value respectively in each sallybale's PF of every song）。

表2 高、低噪声区安徽阜阳白头鹎领域鸣声的主频特征

Table 2 Characteristics of principal frequencies of *Pycnonotus sinensis* territory songs in high and low noisy localities in Fuyang City, Anhui Province (Mean ± *SD*, Hz)

		低噪声区 Locality with low noise	高噪声区 Locality with high noise
最低主频 Minimum PF[1]		1 846 ± 238	2 026 ± 150*
最高主频 Maximum PF[1]		2 758 ± 227	3 296 ± 119*
音节 Syllable	Ⅰ	1 851 ± 235	2 022 ± 150*
	Ⅱ	2 629 ± 248	3 298 ± 118*
	Ⅲ	2 403 ± 245	2 673 ± 163*
	Ⅳ	2 589 ± 262	2 744 ± 334
	Ⅴ	2 484 ± 188	2 434 ± 117
样本个数 No. of sample		20	15

[1], * 同表1（Notes same as the Table 1）。

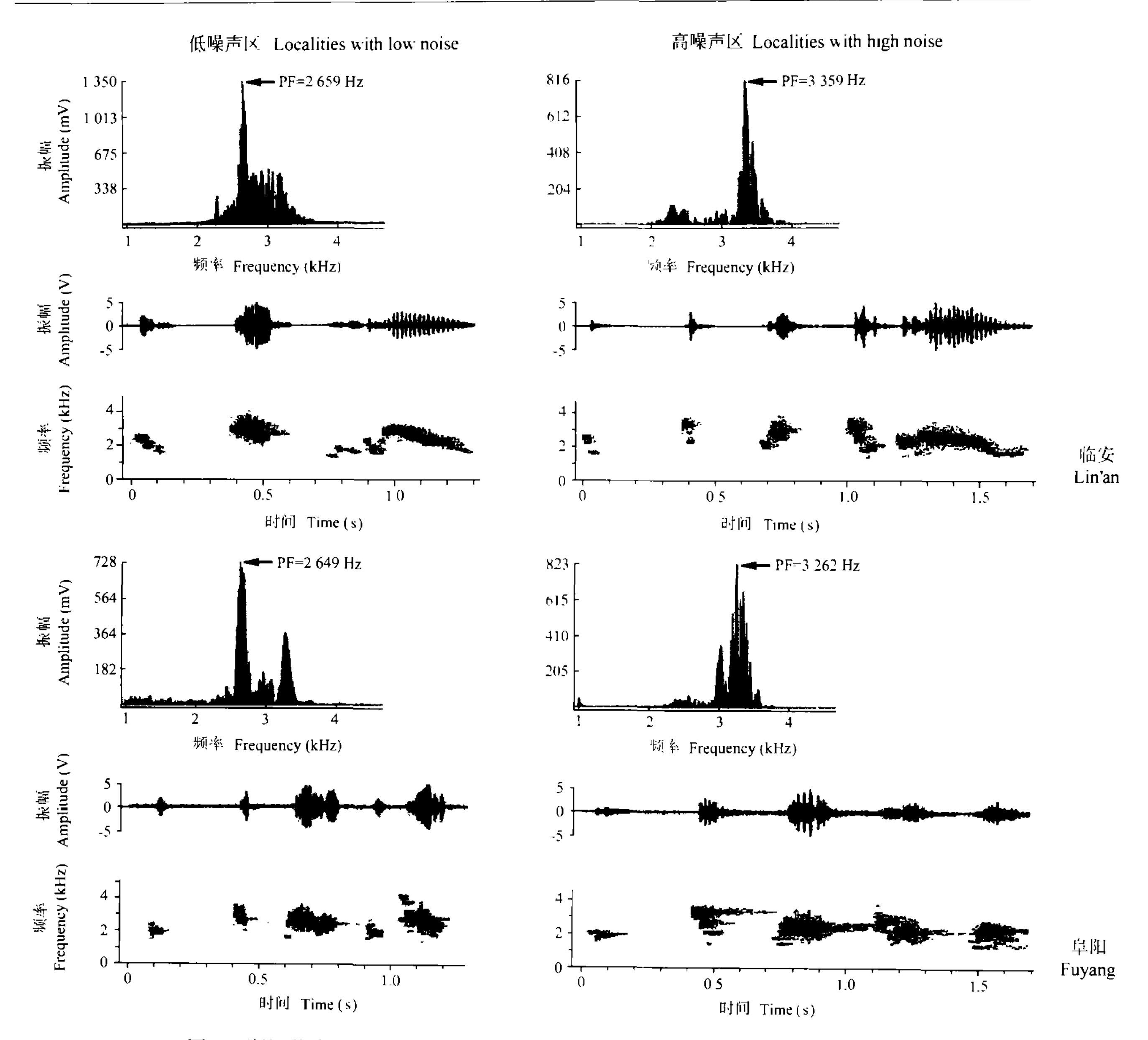


图 1 浙江临安和安徽阜阳白头鹎领域鸣声的时域波形图、语图和第Ⅱ音节的频谱图

Fig. 1 Time waveforms, sonagrams and the second syllable's frequency spectrums of *Pycnonotus sinensis* territory songs in Lin'an and Fuyang City

PF：主频（Principal frequency）。

以，用于个体识别的声音特征，应定位于低频部分（de la Torre & Snowdon，2002）。但是，当有背景噪声存在，特别是噪声的频率在鸣声的频率范围内，就会产生掩蔽效应。提高鸣声的频率，与环境噪声的频率不重叠，就能避免低频噪声对鸣声的掩蔽作用（Langemann，1998；Slabbekoorn & Peet，2003）。另外，从对人的听觉研究结果看，人耳对高频音，特别是 2 ~ 5 kHz 的声音敏感，对低频音不敏感（Wang et al，1997）。也就是说，同样的强度，高频音相对于人的听觉，其响度比低频音要高。这意味着，在一定的频率范围内，提高声音的频率，可以提高声音的响度，有利于信息的传递。我们推测白头鹎提高鸣声的频率，以避免噪声的掩蔽影响和提高声音响度，从而保证噪声环境中声信息的有效传递。

在自然合唱的背景噪声中，当信噪比 > 25 dB（噪声较小）时，鸣声接听者热带蛙（*Hyla ebraccata*）的雌性个体更偏好较低频率的雄蛙鸣声；在信噪比为 6 ~ 9 dB（中等程度噪声）时，雌蛙不能从各种频率鸣声中识别雄性；在信噪比为 3 dB（噪声较大）时，则偏好接近种群典型频率的鸣声。即使雌蛙能够发现雄蛙，适度水平的自然背景声音也会降低雌蛙辨别雄蛙鸣声的能力；而在高背景声音下，雌蛙则不能辨别低频鸣声（Wollerman & Wi-

ley，2002)。在鸟类鸣声接听者中是否也有此现象，有待研究。

临安和阜阳两地高噪声区与低噪声区白头鹎鸣声的前两三个音节均有显著差异，尤其是第Ⅱ音节。说明噪声对同一鸣句各音节的影响不同，同时意味着不同的音节在传递信息中的作用不同。小王企鹅鸣声接受者只需要认识声音信号的一小部分，就足以引发识别（Jouventin，1999)。由此推测第Ⅱ音节对噪声通讯中的个体识别更为重要。

总之，由于白头鹎能够因环境噪声而改变鸣声的频率，从而具有的鸣声可塑性，使得白头鹎较其他缺乏这种鸣声可塑性的种类具有更高的适应能力，这可能是白头鹎能在城市高噪声环境下生存繁衍，成为广布种的原因之一。

参考文献：

Brumm H, Todt D. 2002. Noise-dependent song amplitude regulation in a territorial songbird [J]. *Animal Behaviour*, **63**: 891-897.

Cynx J, Lewis R, Tavel B, Tse H. 1998. Amplitude regulation of vocalizations in noise by a songbird, *Taeniopygia guttatal* [J]. *Animal Behaviour*, **56**: 107-113.

de la Torre S, Snowdon CT. 2002. Environmental correlates of vocal communication of wild pygmy marmosets, *Cebuella pygmaea* [J]. *Animal Behaviour*, **63**: 847-856.

Dytham C. 2003. Choosing and Using Statistics: A Biologist's Guide (Ⅱ). [M]. Oxford: Blackwell. 66-103.

GB3096-93, Standard of environmental noise of urban area [S]. National Standards of P. R. China. [GB3096-93, 城市区域环境噪声标准. 国家标准.]

GB/T 14623-93, Measuring method of environmental noise of urban area [S]. National Standards of P. R. China. [GB/T14623-93, 城市区域环境噪声测量方法. 国家标准.]

Jiang SR, Ding P, Zhuge Y. 1994. The comparative studies on the characteristics of Chinese bubul songs between Shengsi island and Hangzhou area [J]. *Zool. Res.*, **15** (3): 19-27. [姜仕仁, 丁 平, 诸葛阳. 1994. 嵊泗岛和杭州地区白头鹎鸣声特征比较研究. 动物学研究, **15** (3): 19-27.]

Jiang SR, Ding P, Zhuge Y, Wu YC. 1996a. Characteristics of songs of the Chinese bubul, *Pycnonotus sinensis*, in the breeding season [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **42** (3): 253-259. [姜仕仁, 丁 平, 诸葛阳, 邬艳春. 1996. 白头鹎繁殖期鸣声行为的研究. 动物学报, **42** (3): 253-259.]

Jiang SR, Ding P, Shi QS, Zhuge Y. 1996b. Studies on the song dialects in Chinese bubuls, *Pycnonotus sinensis* [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **42** (4): 361-367. [姜仕仁, 丁 平, 施青松, 诸葛阳. 1996b. 白头鹎方言的初步研究. 动物学报, **42** (4): 361-367.]

Jiang SR, Zheng XF. 2003. Study on development of multi-functional analyzing & processing system of bioacoustic information [J]. *Journal of Zhejiang University of Science and Technolog*, **15** (3): 146-153. [姜仕仁, 郑肖锋. 2003. 多功能动物声系统分析处理系统的开发研究. 浙江科技学院学报, **15** (3): 146-153.]

Jouventin P, Aubin T, Lengagne T. 1999. Finding a parent in a king penguin colony: The acoustic system of individual recognition [J]. *Animal Behaviour*, **57**: 1175-1183.

Langemann U, Gauger B, Klump GM. 1998. Auditory sensitivity in the great tit: Perception of signals in the presence and absence of noise [J]. *Animal Behaviour*, **56**: 763-769.

Lombard E. 1911. Le signe de l'elevation de la voix [J]. *Annales de Maladies de L'oreille et du Larynx*, **37**: 101-119.

Slabbekoorn H, Peet M. 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise [J]. *Nature*, **424**: 267-267.

Wang H, Liu JG, Wang W. 1997. The equal-loudness contours and the principle of the noise control [J]. *Pollution Control Technology*, **10** (2): 75-78. [王 鸿, 刘家光, 王 文. 1997. 等响曲线和噪声控制原则. 污染防治技术, **10** (2): 75-78.]

Wollerman L, Wiley RH. 2002. Background noise from a natural chorus alters female discrimination of male calls in a Neotropical frog [J]. *Animal Behaviour*, **63**: 15-22.